INFLUENCE DES ENGRAIS SUR LA CONSTITUTION DE MYCORHIZES PAR LE PIN MARITIME (*Pinus Pinaster* Sol.)

par M. **B. BOULLARD**

RÉSUMÉ

La croissance du Pin maritime est, à des degrés divers, influencée par les apports d'engrais. Suivant la nature chimique de ces apports, l'intensité de la mycorhization varie également. Un mélange judicieux des divers engrais, à des doses convenables, est souhaitable pour que soient stimulées simultanément la croissance et la mycorhization.

INTRODUCTION

Des recherches antérieures ont déjà amené leurs auteurs à conclure que les mycorhizes sont particulièrement utiles aux jeunes plants de la plupart des essences arborescentes croissant sur un sol pauvre, alors qu'en sol naturellement riche les mycorhizes ne leur seraient plus d'aucune utilité. Nous nous limiterons ici à rappeler deux de ces travaux, à titre d'exemples.

D'une part, sous la direction de Dominik (1951), un groupe de chercheurs polonais a étudié le mycotrophisme des végétaux des dunes littorales et continentales. Kobryn conclut ainsi l'un des chapitres : « Les arbres et les arbustes des dunes sont obligatoirement mycotrophes ». Or, dans ce sol, il n'y a pas de magnésium, et seulement des traces de fer, de calcium, peu de phosphore, de potassium et d'azote.

D'autre part Hatch (1937) a montré que les mycorhizes sont particulièrement abondantes chez le Pin sylvestre croissant sur un sol déficient en azote, en phosphore, en potassium ou en calcium. Soulignons à ce propos qu'il convient de ne pas confondre une *déficience* avec l'*absence* pure et simple.

Nous avons voulu, chez le *Pinus Pinaster* Sol., déterminer quelles relations peuvent exister entre la mycorhization et les traitements auxquels des parcelles expérimentales ont été soumises.

A cet effet nous avons été approvisionné, grâce à l'amabilité de M. l'Ingénieur Principal des Eaux et Forêts GUINAUDEAU, en jeunes plants de Pin maritime en provenance des Landes.

Les sols des Landes dans lesquels des essais de reboisement sont entrepris sont assez pauvres en éléments essentiels mais se révèlent riches en silice. Des efforts conjugués des forestiers et des botanistes tendent à favoriser la croissance du Pin en lui assurant une meilleure nutrition. Or, pour améliorer des conditions de nutrition du Pin, il importe : soit de rendre l'individu apte à mieux tirer parti des seuls éléments existant initialement dans le sol, soit d'enrichir celui-ci pour remédier à ses déficiences.

De telles améliorations peuvent être apportées de deux façons :

— en favorisant la constitution de complexes mycorhiziens qui renforcent les possibilités d'absorption au niveau de l'appareil radiculaire des individus ;

— en apportant des engrais qui permettent de pallier des carences. Mais on sait que, lors des apports d'engrais, il faut en général dépasser les doses trouvées en analysant les tissus à cause des pertes par lessivage et des fixations par le sol sous forme non utilisable. Si le pH est très bas, une grande partie du potassium, du phosphore, du calcium ou du magnésium devient inutilisable.

D'intéressantes relations existent-elles entre l'apport d'engrais et la mycorhization ? Un compromis est-il souhaitable ? C'est ce que nous avons tenté de déterminer.

QUELQUES RAPPELS

Nous avons jugé indispensable de résumer brièvement les données les plus couramment admises concernant l'influence, sur la mycorhization, des engrais employés seuls ou conjointement.

A. — INFLUENCE DU PHOSPHORE.

C'est un élément fort important. Les travaux récents mettant en jeu les éléments marqués permettent d'affirmer que les mycorhizes favorisent beaucoup l'utilisation des phosphates du sol. Cependant, en ce qui concerne l'influence de cet élément sur la fréquence des complexes, des opinions divergentes se dégagent des travaux des spécialistes. MITCHELL, FINN et ROSENDAHL (1937) pensent que les phosphates nuisent à la mycorhization ; HATCH (1937) en conseille l'apport en faible quantité ; selon BJÖRKMAN (1949) la formation de complexes est favorisée par le phosphore.

Pour la mycorhization du Pin maritime, FERREIRA DOS SANTOS (1941) attribue au phosphore un rôle déterminant. En effet

les jeunes plants constituent des mycorhizes avec un Bolet en présence de phosphore (sous forme de phosphate monopotassique), tandis que, sur un milieu identique, mais sans phosphate, il ne se constitue pas d'associations.

L'influence stimulante du phosphore sur la croissance des plants a été soulignée par CLODE (1956) qui rapporte les valeurs suivantes relatives à la hauteur moyenne de plants de *Pinus radiata* en culture expérimentale :

a) sans	phosphore	et	sans	mycorhizes	: 7,4 cm
b) sans	—		avec	—	: 10,6 cm
c) avec	—		sans	—	: 21,1 cm
d) avec	—		avec	—	: 15,8 cm

De ces chiffres se dégage la notion que l'apport de phosphore est la garantie d'une meilleure croissance. En ce qui concerne l'inversion des résultats *c*) et *d*) on peut penser que les mycorhizes constituées dans le cas *d*) retiennent dans leur gaine fongique une partie du phosphore mis à la disposition de la plante, pour ne le lui restituer que plus tard. Ce sont en effet les sujets pourvus de mycorhizes qui, selon CLODE, absorbent le plus de phosphore. Les autoradiographies révèlent d'ailleurs davantage de phosphore dans la gaine mycélienne périphérique que dans les tissus adjacents.

B. — INFLUENCE DU POTASSIUM.

Cet élément pourrait jouer un rôle important si l'on se rapporte aux résultats des tentatives de synthèse de complexes effectuées par FERREIRA DOS SANTOS. Le Pin maritime et son symbiote fongique mis en présence sur un milieu dépourvu de potassium ne s'associeraient pas. HATCH (1937) a souligné par contre le rôle néfaste du potassium en excès. Nous dirons plus bas ce que nous pensons de l'effet des engrais potassiques.

C. — INFLUENCE DE L'AZOTE.

Les engrais azotés ont-ils une action sur l'intensité de la formation des mycorhizes ?

Dans un travail de BJÖRKMAN (1949) où l'auteur récapitule les résultats de ses observations antérieures, nous avons relevé les données suivantes que nous avons résumées sous la forme du tableau I.

Il ressort de ces données :

— qu'une teneur élevée du sol en nitrates (naturellement ou par apports) s'oppose à la formation des mycorhizes même

TABLEAU I

Cas n°	teneur du sol en nitrates	apport de	croissance de l'arbre	mycorhizes
1	rares	nitrate d'ammonium	stimulée	rares
2	abondants	aucun apport	normale	rares
3	rares	acide phosphorique	stimulée	abondantes
4	abondants	acide phosphorique	normale	rares

en présence de quantités non négligeables de phosphore (cas n° 1, 2 et 4).

— que l'acide phosphorique n'exerce son influence faste sur la mycorhization que dans les sols pauvres en nitrates (cas n° 3).

Nuisibles à forte dose selon BJÖRKMAN, les nitrates du sol sont-ils cependant nécessaires en quantités plus réduites ? FERREIRA DOS SANTOS (1941) répond affirmativement. L'apport de nitrate de calcium, à raison de 0,5 g °/oo dans le milieu, permet la formation de mycorhizes chez le Pin maritime. Son remplacement par du chlorure de calcium (pour que disparaisse seul l'ion NO_3) ne le permet plus.

D. — LES COMBINAISONS D'ENGRAIS.

Chez le Cotonnier, JOHNSTON (1949) a réalisé des cultures sur sable pauvre et sur sable diversement enrichi. Les mycorhizes se révélèrent abondantes chez les plantes ayant crû sur sable pauvre ou sur sable additionné de matière organique uniquement. Par contre, l'addition simultanée de sulfate d'ammonium, de phosphate de calcium, et de chlorure de potassium entraîne un très net abaissement du pourcentage de mycorhizes.

Les constatations effectuées par MORRISON (1957) chez les cultures de *Pernettya macrostigma*, une Ericacée, ayant reçu soit du nitrate d'ammonium, soit du phosphate monopotassique, soit les deux à la fois, sont du même ordre.

ORIGINE DU MATÉRIEL ÉTUDIÉ, CARACTÉRISTIQUES DES PLACEAUX

Les Pins maritimes soumis aux essais d'engrais provenaient de semis effectués le 9 mai 1957 dans la place d'expériences de Mimizan dont GUINAUDEAU a, par ailleurs (1959), dégagé les caractéristiques. Il n'est toutefois pas inutile de répéter ici que cette

place fut déjà occupée, jadis, par un peuplement de *Pinus Pinaster* qu'un incendie détruisit vers 1951.

Les essais ont été conduits sur un terrain de lande sèche où les engrais ont été apportés quelques semaines avant le semis. Le sol est un podsol avec, sur environ 60 cm d'épaisseur, un « alios caractérisé comportant en général deux couches distinctes : une couche superficielle très riche en matière organique, une couche profonde, surtout enrichie en fer et très dure » (GUINAUDEAU, 1959).

Nous rappellerons ici sommairement les caractéristiques des placeaux :

T 1 : Placeau témoin n'ayant reçu aucun engrais avant le semis.

N 1 : Placeau enrichi par un apport d'*azote* sous la forme d'Azorgan à la dose de 400 kg à l'hectare. L'Azorgan est un engrais à base d'urée-formol fourni par l'Office National Industriel de l'Azote de Toulouse.

P 1 : Placeau enrichi par un apport de *phosphore* sous la forme de scories à la dose de 1500 kg à l'hectare.

N P 1 : Placeau enrichi par un apport simultané d'*azote* et de *phosphore* (400 kg d'Azorgan et 1500 kg de scories à l'hectare).

P K 3 : Placeau enrichi par un apport simultané de *phosphore* et de *potassium* (1500 kg de scories et 500 kg de chlorure de potassium à l'hectare).

N K 1 : Placeau enrichi par un apport simultané de *potassium* et d'*azote* (400 kg d'Azorgan et 500 kg de chlorure de potassium à l'hectare).

N P K 1 : Placeau enrichi par un apport simultané d'*azote*, de *phosphore* et de *potassium* (400 kg d'Azorgan, 1500 kg de scories, 500 kg de chlorure de potassium à l'hectare).

Les échantillons qui nous ont été adressés successivement les 30 mai et 31 octobre 1958, 23 avril 1959, étaient âgés respectivement de 1 an, 1 an 1/2, et 2 ans.

ASPECT DES PLANTS

A. — PARTIE AÉRIENNE.

Les plants âgés de six mois ou d'un an ne manifestaient aucune différence de hauteur ou de vigueur en relation avec tel ou tel apport d'engrais. Mais, en octobre 1958, à l'âge de dix-huit mois, de

TABLEAU II

Compte-rendu sommaire du développement comparé des appareils radiculaires et des appareils aériens des Pins ayant crû dans les divers placeaux.

Indication du Placeau	Sujets d'un an	Sujets de 18 mois	Sujets de 2 ans	Hauteur moyenne des Pins
T 1	racines longues bien développées racines courtes en quantité correcte	racines longues bien développées racines courtes assez abondantes	racines longues bien développées racines courtes assez abondantes	37,9 cm
N 1	racines longues bien développées racines courtes en quantité correcte	racines longues bien développées racines courtes en quantité insuffisante	racines longues bien développées déficience en racines courtes	38,6 cm
P 1	racines longues assez bien développées abondance de racines courtes	racines longues très bien développées abondance de racines courtes	racines longues très bien développées abondance de racines courtes	47 cm
N P 1	non étudié	non étudié	peu de racines longues assez abondantes racines courtes	66,9 cm
N K 1	racines longues assez bien développées pauvreté en racines courtes	racines longues assez bien développées pauvreté en racines courtes	peu de racines longues pauvreté en racines courtes	37,3 cm
P K 3	non étudié	racines longues assez bien développées racines courtes rares	peu de racines longues racines courtes assez rares	70,8 cm
N P K 1	racines longues peu développées racines courtes en faible quantité	racines longues peu développées racines courtes très rares	racines longues peu développées racines courtes très rares	71,6 cm

Nota. — Les chiffres de la colonne de droite, empruntés à GUINAUDEAU (1959), correspondent à la hauteur moyenne calculée après mesure de *tous* les Pins comptés dans chaque placeau en octobre 1958.

nettes différences dans le développement des organes aériens en fonction du traitement des placeaux se sont manifestées. Elles étaient déjà perceptibles sur les lots de plantes qui nous furent adressés. Nous ne développerons pas longuement ce point qui a été très clairement traité dans la copieuse publication de GUINAUDEAU. Instigateur et réalisateur des essais, il était beaucoup mieux placé que nous pour effectuer de nombreuses mesures et tenter d'utiles comparaisons. Quelques-uns des chiffres qu'il a obtenus sont rapportés dans notre tableau n° II (colonne de droite). Nous renvoyons le lecteur aux conclusions qu'a tirées GUINAUDEAU, conclusions que nous partageons totalement.

B. — PARTIE SOUTERRAINE.

Avant de rechercher systématiquement les complexes constitués au niveau des racines courtes nous avons, pour chaque plant étudié, soigneusement enregistré : le nombre de racines courtes, leur disposition, le nombre de racines longues, leur longueur totale, etc. Nous n'imposerons pas au lecteur une longue énumération de chiffres et nous avons préféré lui présenter un tableau clair rendant compte du développement relatif des appareils radiculaires chez les plants d'âge croissant prélevés dans les divers placeaux (tableau n° II, colonnes 2, 3, 4).

Comme CLODE (1956) l'a signalé chez le *Pinus radiata*, un apport important de phosphore entraîne une grande abondance de racines courtes. Nous ne partageons cependant pas totalement son opinion lorsqu'il dit que, pour les racines, croissance en longueur et ramification s'opposent.

En effet, malgré un aspect très vigoureux, les plants ayant reçu un apport d'engrais complet (placeau NPK) ont un appareil radiculaire médiocrement développé, tant en ce qui concerne les racines longues que les racines courtes. Déjà l'addition aux scories, d'Azorgan (dans le placeau NP 1) ou de chlorure de potassium (dans le placeau PK 3), aux doses expérimentales entraîne une réduction de la longueur totale des unes et de l'abondance des autres.

LES MYCORHIZES DU PIN MARITIME

L'existence de mycorhizes ectotrophes chez cette espèce n'est plus à démontrer et l'on sait, depuis BARSALI et d'autres, que le *Lactarius deliciosus*, le *Lactarius volemus*, les *Russula grisea* et *emetica*, les *Boletus granulatus*, *bovinus* et *Boudieri*, entre autres, font partie de son cortège fongique dans les pineraies.

Le Pin maritime des dunes de la forêt de Caparica (à l'embou-

chure du Tage) constitue des mycorhizes ectendotrophes à manteau abondant blanc ou jaune. Des synnémas relient indiscutablement les gaines mycéliennes aux fructifications voisines d'un *Boletus* sp.

Nous avons rappelé plus haut les observations de FERREIRA DOS SANTOS (1951) relatives à l'influence du phosphore et de l'azote sur la constitution de complexes par le Pin maritime. Notre collègue portugaise a, en outre, isolé deux champignons des racines courtes de ce Pin : le *Boletus fragrans* Vitt. avec lequel elle a su reconstituer des mycorhizes en laboratoire, et un mycélium stérile qui ne lui a pas permis de réaliser la même synthèse. Usant de solutions nutritives variées, FERREIRA DOS SANTOS a pu juger de l'aptitude du Bolet à constituer des mycorhizes avec ou sans phosphore, avec ou sans calcium, potassium, magnésium, azote, dans le milieu.

Il existe une certaine variété morphologique et anatomique des mycorhizes du Pin maritime. Plusieurs sous-types de mycorhizes peuvent être observés : il est probable que les différents champignons cités plus haut peuvent, entre autres, être responsables de la constitution de ces complexes distincts.

Le pH assez bas, toujours inférieur à 5, pour le sol de la lande sèche de Mimizan, est très favorable à un abondant développement fongique et favorise donc la constitution de complexes. A plusieurs reprises, et spécialement entre les racines des plants prélevés dans les placeaux T, NK, PK, NPK, le feutrage mycélien était très abondant.

Dans le tableau n° III nous rendons compte de l'abondance des mycorhizes et de leur position systématique (dans l'ordre de fréquence décroissante) chez les plants des divers placeaux.

En dépit d'une apparente variété anatomo-morphologique, puisque le spectre mycorhizien s'étale sur 7 sous-types, les complexes constitués se rapportent surtout aux seuls sous-types F et I (dans 28 cas sur 48). Les sous-types A, B et C sont ensuite les plus fréquents.

Lorsque les plants ne constituent pas beaucoup de mycorhizes, celles-ci s'échelonnent sur le trajet des racines longues, cependant que les plants très richement pourvus en complexes portent des amas denses de racines courtes dichotomes (parfois plusieurs fois dichotomes même) entre lesquelles demeurent des particules de sol. On connaît l'importance de la couleur de la gaine mycélienne dans la détermination du « genre » du complexe. Nous nous bornerons à signaler qu'ici les manteaux fongiques des complexes observés sont, le plus souvent, jaune orangé, ou fauve, ou brun clair. Tardivement la teinte s'assombrit et c'est alors le brun sombre qui caractérise surtout les mycorhizes âgées. Seuls les plants

TABLEAU III

Intensité du développement des mycorhizes et sous-types auxquels elles appartiennent chez les plants des divers placeaux.

Indication du Placeau	Sujets d'un an	Sujets de 18 mois	Sujets de 2 ans
T 1	mycorhizes assez abondantes F I B C A	mycorhizes assez abondantes F I C	déficience en mycorhizes F A I
N 1	mycorhizes en quantité moyenne F B I	peu de mycorhizes F B	peu de mycorhizes F H
P 1	mycorhizes très abondantes F A B	mycorhizes très abondantes F I	mycorhizes très abondantes F H
N P 1	non étudié	non étudié	mycorhizes assez abondantes F H
N K 1	mycorhizes en quantité moyenne F I B C	mycorhizes en quantité moyenne F I C	déficience en mycorhizes F
P K 3	non étudié	très peu de mycorrhizes F I	mycorhizes assez fréquentes F I
N P K 1	mycorhizes en quantité moyenne F B I C	très peu de mycorhizes F C	très peu de mycorhizes F

issus du placeau NP 1 nous ont permis d'observer de très belles et assez abondantes mycorhizes blanches (appartenant aux genres *Fa* et *Ha*).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

A côté de nombreux autres facteurs intervenant dans la croissance des plants forestiers, la richesse en mycorhizes joue un rôle certain.

D'une manière un peu schématique, nous rappellerons que, chez les végétaux susceptibles de créer des complexes :

— si le sol est riche en éléments directements assimilables : le végétal supérieur peut se développer correctement en dehors de toute association mycorhizienne.

— si le sol est très pauvre : la plante a des besoins nutritifs

insatisfaits et les champignons avec lesquels elle pourrait s'associer n'interviennent que dans la constitution de trop rares complexes.

— si le sol est d'une richesse moyenne : la plante supérieure bénéficie de l'aide du champignon. Normalement pourvue en mycorhizes, elle peut alors obtenir, par cette voie, un appoint convenable en éléments utiles.

Maintenir en permanence dans le sol une teneur suffisante en éléments nutritifs contribue donc à minimiser l'importance des mycorhizes. Pour des plantes annuelles ou bisannuelles, la brièveté de leur cycle de développement permet de l'envisager.

Pour des plantes vivaces, il ne saurait être question de maintenir le sol continuellement et suffisamment riche, à un niveau qui rende superflue la constitution de complexes mycorrhiziens. Chez les essences forestières en particulier, si la chose est réalisée en pépinière, elle ne manquera pas de conduire à la production de plants ne constituant que fort peu de mycorhizes. Ce n'est pas sans crainte qu'on transportera de tels plants « mal armés » (en ce qui concerne leur appareil d'absorption) à leur emplacement définitif, si l'on se propose de « boiser » une région déshéritée. Il est bien connu que la richesse en mycorhizes d'un sujet que l'on transplante est une garantie. Björkman a déjà alerté les sylviculteurs dans une récente publication en recommandant de ne pas employer des doses exagérées d'engrais pendant les premières années. Il a écrit par ailleurs (1953, p. 314) : « If we want some guarantee that the plants produced will be physiologically well-balanced and capable of rapidly continuing their development after plantation, we should see that fertilizing at the nursery is not so heavy as to suppress the mycorhiza formation entirely ».

En ce qui concerne la vigueur des plants et sa répercussion sur le développement des mycorhizes, Björkman (1953) a remarqué que les mycorrhizes « are best developed in plants that are neither too feeble nor too vigorous ».

Le rôle du phosphore sur la constitution des complexes est certain. Nous l'avons déjà rappelé plus haut mais il est fort intéressant de signaler la curieuse relation établie par Mc Comb (1943) chez le *Pinus strobus*. Sur un sol non inoculé, les racines courtes du Pin Weymouth constituent un complexe typique à manteau compact et mycélium fin, à la condition qu'on apporte en même temps du phosphore. En l'absence d'engrais, c'est un complexe ectendotrophe, donc atypique, qui s'élabore. Mc Comb évoquant l'existence possible de deux espèces fongiques réagissant différemment dit à propos de l'une, celle qui peut constituer des complexes authentiques : « one which may have been subdominant in the original nursery soil and incapable of forming mycorrhizae without phosphorus fertilization ».

Nous avons retrouvé, chez le *Pinus Pinaster*, cette même influence heureuse du phosphore sur la formation des mycorhizes. En même temps, une nette stimulation de la croissance est liée à la présence du phosphore : « on constate l'effet hautement favorable des scories sur la croissance » .. « les placeaux dépourvus de scories qu'il s'agisse d'azote seul ou de potasse, ne sont guère supérieurs aux témoins » (GUINAUDEAU, 1959). Ce sont là des résultats qui sont en plein accord avec les conclusions de CLODE (1956) se rapportant au *Pinus radiata*.

Au sujet de l'influence de l'azote, MC COMB (1943) conclut en comparant entre eux les plants de Pins de diverses espèces ayant subi des apports d'engrais variés : « species of seedlings conifers have shown remarkable responses to phosphorus fertilizers and practically none to nitrogen ». Le sol de Mimizan est assez riche en azote organique et l'addition de scories, avec la chaux qu'elles contiennent, rend possible sa minéralisation (GUINAUDEAU, 1959). Mais une teneur élevée en azote minéral (BJÖRKMAN, 1949) ou un apport important d'azote organique (notre tableau n° III) nuisent à la formation de mycorhizes. Nous ne partageons donc pas l'opinion de ceux qui attribuent aux champignons des mycorhizes un rôle dans la nutrition azotée de l'hôte à partir de sources d'azote organique.

De plus, les sujets que nous avons examinés provenant de placeaux ayant reçu de l'Azorgan se sont particularisés par leur appareil radiculaire réduit (avec des nuances en fonction des autres engrais joints à l'urée-formol).

Il nous semble donc que l'on puisse concilier les vues de MC COMB et celles de HATCH et MITCHELL. L'un prétend que le phosphore joue un rôle stimulant, les autres rendent l'apport important d'engrais responsable du faible développement des mycorhizes.

Dans le cas présent, bien que des champignons appropriés soient présents, les mycorhizes sont rares sur les appareils souterrains des plantules de placeaux ayant reçu de forts apports d'engrais. L'influence néfaste d'un engrais complet du type « N + P + K » sur la formation des mycorhizes est manifeste chez le Pin maritime. Nous partageons, sur ce point, les vues de JOHNSTON (1949) relatives au Cotonnier. Or, c'est dans les placeaux ayant reçu un tel mélange que la moyenne des hauteurs de plants est la meilleure (GUINAUDEAU, 1959) ! Quelle attitude faut-il donc adopter en définitive ? Faut-il sacrifier la mycorhization au bénéfice d'une croissance presque exhubérante ?

Avec BJÖRKMAN, nous nous garderons encore d'être extrémiste. KESSELL (1927) rapportant ses efforts en faveur du boisement de l'ouest de l'Australie écrit : « fertilization was of only temporary benefit » ... et il ajoute : « subsequent inoculations of

seed beds in all nurseries saved the entire afforestation project from abandonment ».

Prononçons-nous donc en faveur d'un compromis qui permette à la fois une croissance honnête du plant et un équipement correct en mycorhizes. Pour cela n'oublions pas que :

— l'influence du potassium est très réduite, tant sur la mycorhization que sur la croissance.

— l'apport d'azote peut, dans le cas de mélanges convenables, influencer fortement la croissance, mais n'est jamais favorable à la mycorhization.

— sous l'influence du phosphore, les deux phénomènes, croissance et mycorhization, sont grandement stimulés.

Des recherches ultérieures devraient permettre de déterminer la valeur optimale du mélange d'engrais à appliquer (compte tenu de la nature initiale du sol) tant dans les pépinières lorsqu'on envisage une transplantation, que dans les terrains à boiser en cas de semis en place.

BIBLIOGRAPHIE

BJÖRKMAN (E.), 1949. — The ecological significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees. *Svensk Bot. Tidskr.*, **43**, p. 223-262.

BJÖRKMAN (E.), 1953. — *En suédois, résumé anglais* : Factors arresting early growth of the Spruce after plantation in Northern Sweden. *Norrl. Skogsvardsf. Tidskr.*, **2**, p. 285-316.

CLODE (J. J. E.), 1956. — *En portugais, résumé anglais* : The role of mycorrhizae in the translocation of phosphorus with a special reference to O^{32} P. *Public. Dir. Ger. dos Serv. Flor. e Aquic., Portugal*, **23**, p. 167-202.

DOMINIK (T.), 1951. — *En polonais, résumé français* : Recherches sur le mycotrophisme des associations végétales sur les dunes littorales et sur les dunes continentales. *Acta Soc. Bot. Pol.*, **21**, p. 125-164.

FERREIRA DOS SANTOS (N.), 1941. — Elementos para o estudo das micorrizas ectendotroficas do *Pinus Pinaster* Sol. *Public. Dir. Ger. dos Serv. Flor. e Aquic., Portugal*, **8**, p. 65-95.

FERREIRA DOS SANTOS (N.), 1951. — Notes on Portuguese Mycorrhizae. *Public. Dir. Ger. dos Serv. Flor. e Aquic., Portugal*, **18**, p. 97-109.

GUINAUDEAU (J.), 1959. — Une expérience d'emploi d'engrais dans un reboisement par semis de Pin maritime à Mimizan (Landes). *Rev. For. Franç.*, n° 4, avril, 7 pages.

HATCH (A. B.), 1937. — The physical basis of mycotrophy in *Pinus*. *Black Rock For. Bull.*, n° 6, 168 pages.

JOHNSTON (A.), 1949. — Vesicular-arbuscular mycorrhiza in Sea-Island Cotton and other tropical plants. *Trop. Agric.*, **26**, p. 118-121.

KESSELL (S. L.), 1927. — Soil organisms. The dependance of certain pine species on a biological soil factor. *Emp. For. Journ.*, **6**, p. 70-74.

MC COMB (A. L.), 1943. — Mycorrhizae and phosphorus nutrition of pine seedlings in a prairie soil nursery. *Rep. Bull. Agric. Exp. Stat., Ioma State College, Forestry Sect., Bull.* n° 314, p. 582-612.

MITCHELL (H. L.), FINN (R. F.), ROSENDAHL (R. O.), 1937. — The relation between mycorrhizae and the growth and nutrient absorption of coniferous seedlings in nursery beds. *Black Rock For. Pap.*, **1**, n° 10, p. 58-73.

MORRISON (T. M.), 1957. — Host-endophyte relationships in mycorrhizas of *Pernettya macrostigma*. *The New Phytol.*, **56**, p. 247-257.